

dr hab. Ryszard Buczko
Instytut Fizyki PAN
Warszawa

Warszawa, 21 lutego 2014 r.

Ocena autoreferatu, dorobku naukowego, organizacyjnego i dydaktycznego dr Cezarego Śliwy w związku z przeprowadzaniem postępowaniem habilitacyjnym.

Dr Cezary Śliwa po skończeniu studiów na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, w latach 1996-2002 pracował w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN. Zajmował się w tym czasie rozwiązywaniem problemów związanych z optyczną realizacją informatyki kwantowej, takich jak problem wytwarzania stanów splątanych, badanie kombinatorycznych symetrii nierówności Bella, detekcja fotonów z rozdzielczością ich liczby czy też badanie modelu elektrodynamiki naładowanego pola skalarnego na siatce. Współpracował z takimi wybitnymi profesorami jak Iwo Białynicki Birula i Jerzy Kijowski. Badania zostały zwieńczone obroną pracy doktorskiej. W roku 2002 Dr Cezary Śliwa uzyskał tytuł doktora nadany przez Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego broniąc pracę zatytułowaną: „Metoda elementów skończonych w kwantowej teorii pola”. Po doktoracie odbył półroczny staż w Centre for Quantum Computation w Oxfordzie a od roku 2005 roku pracuje w Instytucie Fizyki PAN w grupie prowadzonej przez prof. Tomasza Ditla. Zajmuje się obecnie głównie tematyką półprzewodników ferromagnetycznych.

W swoim wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego przedstawił do oceny cykl sześciu prac opublikowanych w bardzo dobrych czasopismach o międzynarodowym zasięgu: 4 prace w Physical Review B, jedna w Physical Review Letters oraz pracę w Nature Physics. Większość tych prac ma charakter teoretyczny. Dr Cezary Śliwa jest głównym autorem trzech z nich. Wspólną tematyką prac jest badanie własności rozcieńczonego półprzewodnika ferromagnetycznego (Ga,Mn)As. W szczególności prace dotyczą własności magnetycznych, elektronowych oraz termoelektrycznych tego materiału.

Obecność jonów magnetycznych manganu w krystalicznym roztworze stałym (Ga,Mn)As powoduje, że materiał ten ma zarówno cechy półprzewodnika jak i ferromagnetyka. Jest to jeden z perspektywicznych materiałów dla zastosowań w spintronice. Pozwala on na integrację funkcjonalności typowej dla półprzewodników z możliwością operowania spinami elektronów lub/i spinami jonów magnetycznych jako nośników informacji. Właściwości magnetyczne tego materiału wynikają z oddziaływania wymiennego pomiędzy lokalnymi spinami manganów i nośnikami pasmowymi, co prowadzi do wytworzenia spontanicznego namagnesowania czyli ferromagnetyzmu. Wiele jego cech, takich jak wartość

temperatury krytycznej przejścia ferromagnetycznego (temperatura Curie) czy też zależna od temperatury wielkość oraz anizotropia spontanicznego namagnesowania wynika z własności nośników w pasmie walencyjnym.

Dr Cezary Śliwa wraz ze współautorami zajmował się między innymi wpływem niesferyczności pasma walencyjnego na cechy magnetyczne materiału. Wymagało to od niego wykonania dość skomplikowanych obliczeń związanych z kwantyzacją w polu magnetycznym złożonej struktury pasma walencyjnego GaAs. Poziomy Landaua w tym pasmie obliczone zostały bez użycia przybliżenia sferycznego lub cylindrycznego. Pracując w ramach modelu p-d Zenera dla opisu sprzężenia pomiędzy dziurami pasmowymi i elektronami d manganu otrzymał on wyniki ważne dla zrozumienia złożonego charakteru dynamiki tego sprzężenia obserwowanego w doświadczeniach takich jak rezonans ferromagnetyczny. Wyniki zostały przedstawione w pracy oznaczonej jako D1.

W kolejnej publikacji (D2) autorzy zajmują się problemem poprawnego wyliczenia stałej wymiany s-d dla fotoelektronu w pasmie przewodnictwa. Prosty model wymiany elektronów pasmowych z elektronami 3d manganu dawał wartości całki wymiany niezgodne z obserwowanymi w doświadczeniu. Autorzy pokazali, że dla poprawnego opisu zjawiska należy uwzględnić obecność dziury związanej przez manganowy akceptor. W najprostszym przypadku oddziaływanie wymiany opisują przy użyciu hamiltonianu Heisenberga, ze stałą wymiany wynikającą zarówno z postaci multipletu funkcji falowych dziury jak i z oddziaływania wymiennego fotoelektron–dziura. Stała charakteryzująca oddziaływanie wymienne została wyrażona przez znane z wcześniejszych doświadczeń rozszczepienie wymienne ekscytonu. Otrzymano wynik ilościowo zgodny z doświadczeniem.

Celem pracy D3 oraz D6 było badanie pochodzenia anizotropii magnetycznej warstw epitaxialnych (Ga,Mn)As. W pracy D3 zbadano wpływ na anizotropię wynikający z niestandardowej orientacji podłoża GaAs (w tym wypadku orientacji (113)A). Taka orientacja wprowadza pewne naprężenia warstwy poprzez niedopasowania sieciowe i łamie symetrię. Anizotropia magnetyczna istnieje jednak także w warstwach hodowanych na podłożu zorientowanym w kierunku (001) i nie może wynikać z braku symetrii krystalicznej. Zrozumienie jej przyczyny jest istotne z punktu widzenia zastosowań, takich jak przełączanie kierunku namagnesowania przez przyłożenie napięcia elektrycznego bramki. Przy pomocy zaawansowanych metod opartych o teorię grup, niezmienniki Luttingera i obliczenia z pierwszych zasad, pokazano w pracy D6, że główną przyczyną istniejącej anizotropii jest nieprzypadkowy rozkład przestrzenny domieszki magnetycznej w skali poniżej 1 nanometra. Taki rozkład wymyka się dostępnymi metodami charakteryzacji. Wynika on z własności powierzchni (001) zakończonej anionami. Podczas wzrostu epitaxialnego dimery manganowe układają się chętniej w kierunku [-110] niż w kierunku prostopadłym. Należy zatem oczekiwać zwiększonej koncentracji dimerów manganowych o jednakowej

orientacji co prowadzi do obserwowanej anizotropii magnetycznej. Pokazano także, że efekt anizotropii może być zmieniany przez dwuosiowe naprężenie. Wyniki obliczeń sugerują, że anizotropia może być kontrolowana przez warunki epitaksii, szybkość wzrostu i temperaturę.

W pracy D5 badane są własności termodynamiczne i termoelektryczne (Ga,Mn)As. Policzono w niej zachowanie ciepła właściwego w punkcie krytycznym oraz współczynnik siły termoelektrycznej (współczynnik Seebecka) w funkcji koncentracji dziur zarówno dla dziur lekkich jak i dla dziur ciężkich. Obliczenia prowadzone były przy pomocy metod wychodzących poza metody pola średniego uwzględniając fluktuacje parametru porządku. Porównanie wyników obliczeń z wynikami pomiarów pokazuje, że gęstość stanów na poziomie Fermiego oraz własności elektronowe są podobne jak w czystym GaAs. Wynik ten przeczy modelom ferromagnetyzmu, zakładającym istnienie wąskiego pasma domieszkowego w przerwie wzbronionej.

Praca D4 opublikowana w Nature Physics jest pracą doświadczalno teoretyczną. Dotyczy ona studni kwantowych wykonanych z InAs domieszkowanych Mn i jej przedmiotem jest wyjaśnienie obserwowanej doświadczalnie termicznej bistabilności oraz histerezy magnetooporu w funkcji pola magnetycznego. Dr Cezary Śliwa brał udział w części teoretycznej tej pracy. W celu wyjaśnienia obserwowanych zjawisk zaproponował model akceptora w studni InAs w którym silne sprzężenie wymienne pomiędzy spinem domieszki i związanej dziury powoduje bistabilność kompleksu akceptor-dziura. Mechanizm sprzężenia prowadzi do wydłużenia czasu relaksacji spinu dziury o wiele rzędów wielkości w stosunku do czasu relaksacji dla domieszki niemagnetycznej. Ważne też dla opisu obserwowanych cech magnetooporu okazały się obliczenia bilansu cieplnego układu, uwzględniające chłodzenie nośników poprzez sprzężenie do fononów akustycznych.

Przedstawione publikacje stanowią istotny wkład w dziedzinę spintroniki opartej o rozcieńczone półprzewodniki ferromagnetyczne. Z oceny wkładu dr Cezarego Śliwy do poszczególnych prac, przedstawionej przez współautorów oraz jego samego, wynika że jest on autorem większości wyników obliczeń teoretycznych przedstawionych w tych pracach. Można stąd wnosić, że bardzo sprawnie posługuje się on bogatym arsenalem różnych metod począwszy od teorii grup poprzez metodę kp do metod ab initio, które z powodzeniem stosuje w celu rozwiązywania napotkanych problemów.

Dr Cezary Śliwa jest w sumie współautorem 16 wysoko cytowanych prac. Jego indeks H wynosi 10 według bazy ISI Web of Knowledge a łączna ilość cytowań przekracza 400.

Poza dużym dorobkiem naukowym ma on też osiągnięcia w innych dziedzinach działalności naukowej. Ma spore doświadczenie dydaktyczne. Przez kilka lat prowadził zajęcia z matematyki, rachunku prawdopodobieństwa, analizy matematycznej oraz mechaniki kwantowej. Prowadził je jeszcze jako student (asystent stażysta) dla studentów Wydziału Fizyki UW, oraz jako pracownik CFT dla studentów

Szkoły Nauk Ścisłych. Pomagał też doktorantce mgr. M. Birowskiej w prowadzeniu obliczeń z pierwszych zasad. Przez rok pracował jako nauczyciel informatyki w szkole niepublicznej. Jest również współautorem skryptu dla studentów Nauczycielskiego Kolegium Fizyki UW.

Ma też pewne doświadczenie organizacyjne. Był członkiem Komitetu Głównego Olimpiady Fizycznej. Dla potrzeb zespołu zorganizował dwa klastry komputerowe. W czasie ich eksploatacji był ich administratorem. Brał i/lub nadal bierze udział w siedmiu projektach badawczych. Współpracował także z naukowcami z Wydziału Fizyki uniwersytetu w Regensburgu.

Przez swoich współpracowników, a zwłaszcza (zgodnie z oświadczeniem o współautorstwie) przez swojego przełożonego przez prof. Tomasza Ditla, jest oceniany jako intelektualnie niezależny, pracowity i skuteczny teoretyk, który posiada predyspozycje do samodzielnej pracy naukowej oraz opieki nad doktorantami.

Podsumowując, dr Cezary Śliwa posiada znaczący dorobek naukowy, duże doświadczenie edukacyjne jak i doświadczenie organizacyjne wystarczające do ubiegania się o przyznanie stopnia doktora habilitacyjnego. Przedstawiony do oceny monotematyczny cykl sześciu publikacji, stanowi zbiór wysoko cytowanych prac o dużym znaczeniu dla zrozumienia kilku bardzo istotnych zagadnień związanych z własnościami rozcieńczonych półprzewodników ferromagnetycznych. Z przyjemnością zapoznałem się też z autoreferatem. Jest on napisany w sposób przejrzysty i uporządkowany. Zawiera zarówno dobre wprowadzenie jak i obszerny opis uzyskanych wyników. Upewnia mnie, że autor świetnie orientuje się w prezentowanej tematyce. Moim zdaniem dr. Cezary Śliwa spełnia z powodzeniem kryteria oceny kandydata wymienione w rozporządzeniu ministra nauki i szkolnictwa wyższego warunkujące nadanie stopnia doktora habilitowanego. Wnioskuje więc o dopuszczenie go do dalszych etapów postępowania.



Ryszard Buczko